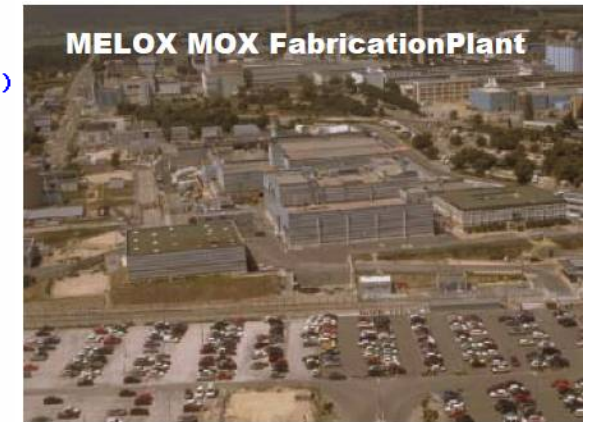
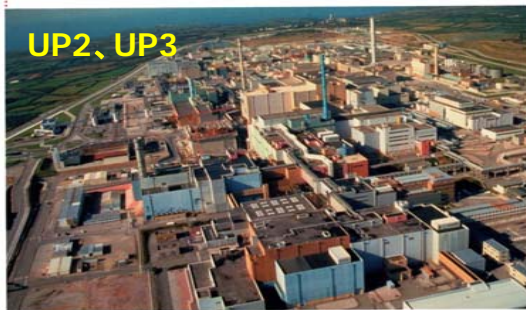




参考資料 ; 海外の状況 (燃料サイクル技術)



1. フランスの状況





● 再処理

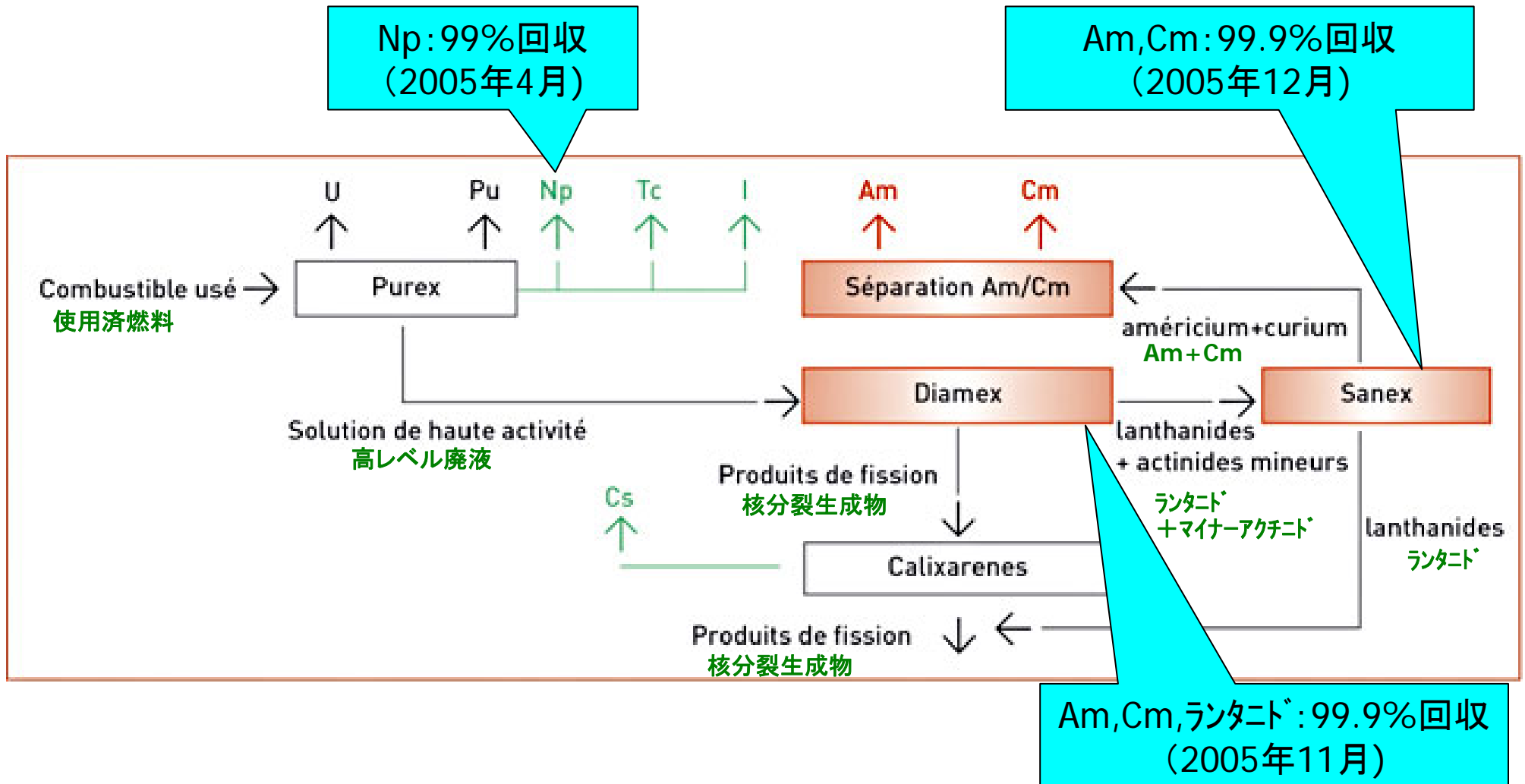
- ラ・アーグサイトで2基の再処理工場(UP2-800、UP3)を操業中(最大処理能力:1,700t/y、2005年処理実績:1,112t)
- 1969年から1979年にかけてラ・アーグの再処理パイロットプラント(AT1)で、1974年から1997年にかけてマルクールのパイロットプラント(APM)にて、「Rapsodie」や「Phenix」の燃料を処理
- 1991年の廃棄物法に基づき、長寿命放射性核種の分離変換に係る研究開発を実施中(CEA)
 - MA分離技術開発をATALANTEで実施中
 - 更なる資源有効利用と放射性廃棄物量の低減と改善、核拡散抵抗性の向上を目的として、全アクチニドを回収し、高速炉燃料に再利用する計画を提案中(GAM:Global Actinide Management)
- 2006年3月に、2020年までに統合型リサイクルを建設する計画があることをAREVA会長が発表(COEXと称するU・Puの同時分離プロセス+MOX燃料製造)→CEA提案のGAMとの相関が不明

● 燃料製造

- MELOX(マルクールサイト、145t/y))で毎年約100tのMOX燃料を製造(累積製造量:>1,800-MOX集合体)



1991年廃棄物法に基づくMA分離技術開発と2005年の成果

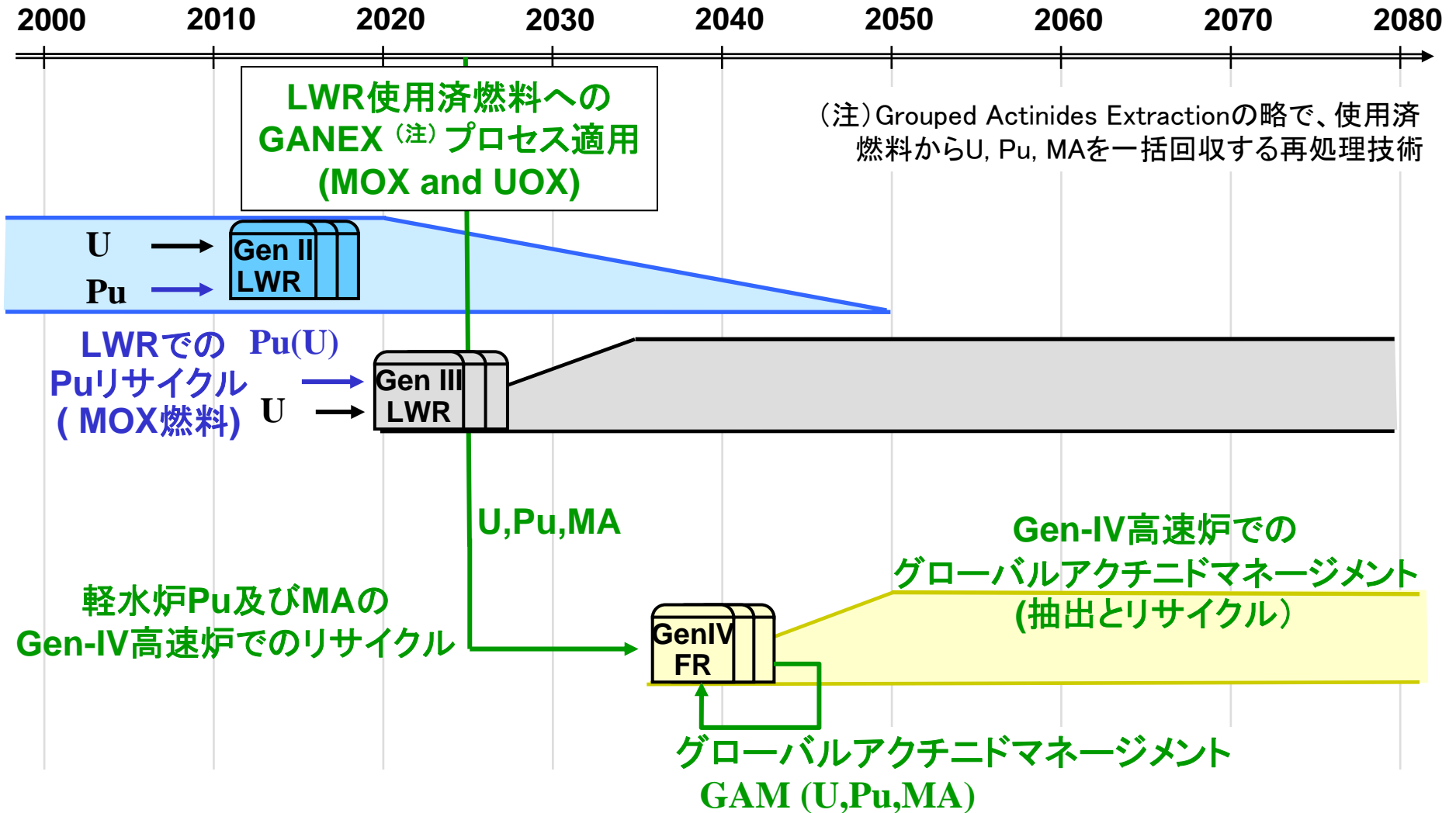


出典: ①CEAホームページ、http://www.cea.fr/fr/sciences/dossier_loi1991/Axe1,C.4
② CEAホームページ、http://www.cea.fr/fr/presse/dossiers/Separation_Transmutation_15ans_Recherche.pdf "Separation pousse et transmutation, comportement a long terme des dechets vitrifies: 15 ans d'avances scientifiques", (mardi 21 fevrier 2006)



仏国におけるアクチニドマネージメント構想

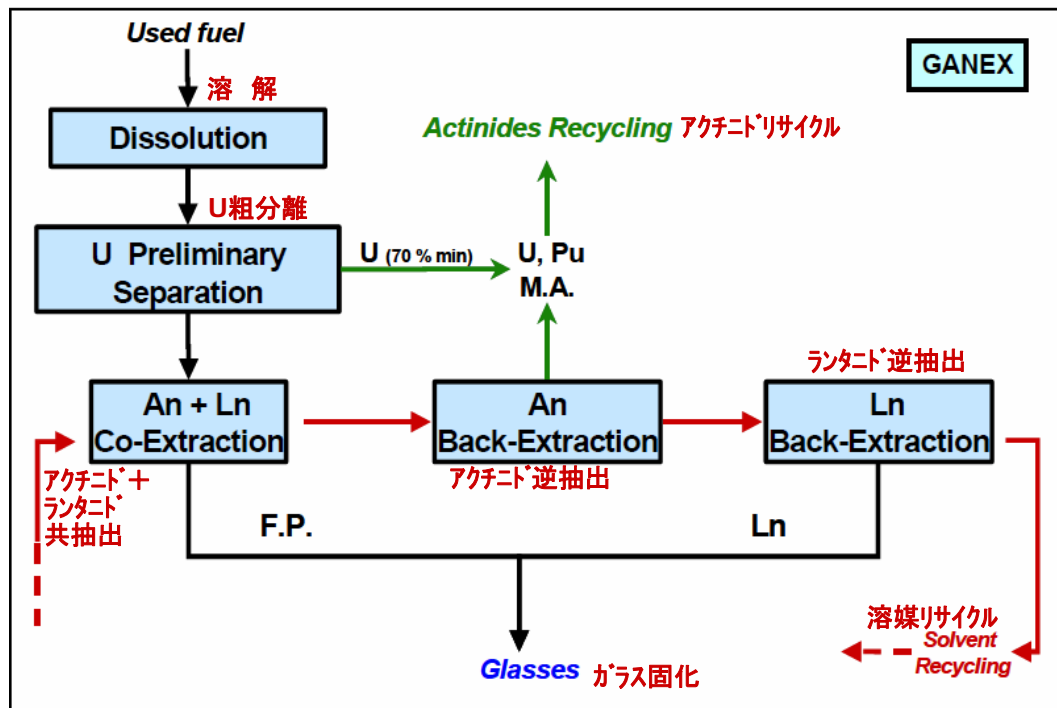
—軽水炉Puリサイクルから高速炉アクチニドリサイクルへ—





仏国が提案している計画

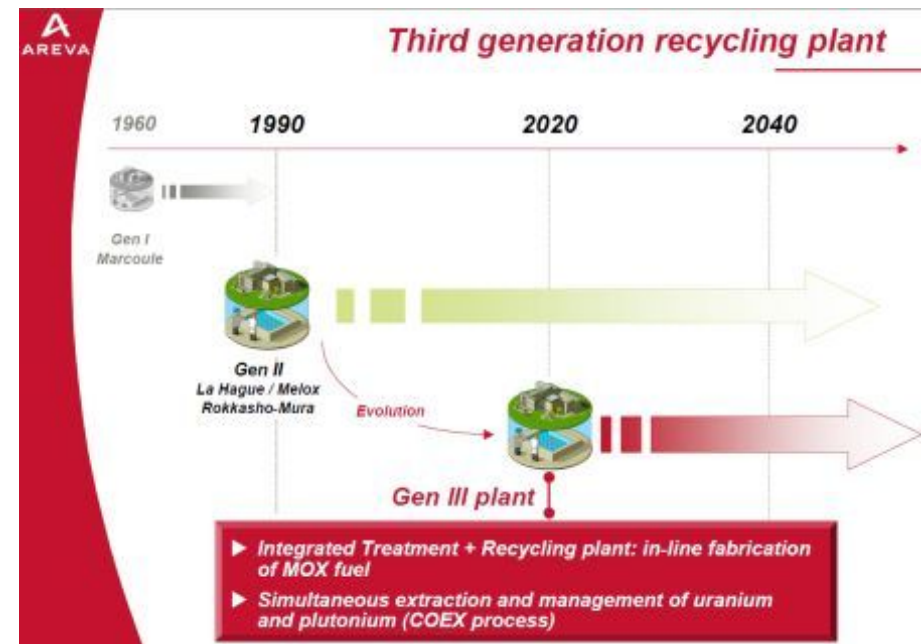
Grouped Actinides Extraction : the GANEX Process



出典: J. BOUCHARD, "The Closed Fuel Cycle and Non Proliferation Issues", Global 2005 (Tsukuba-Oct. 11, 2005)

AREVAが発表したCOEX計画

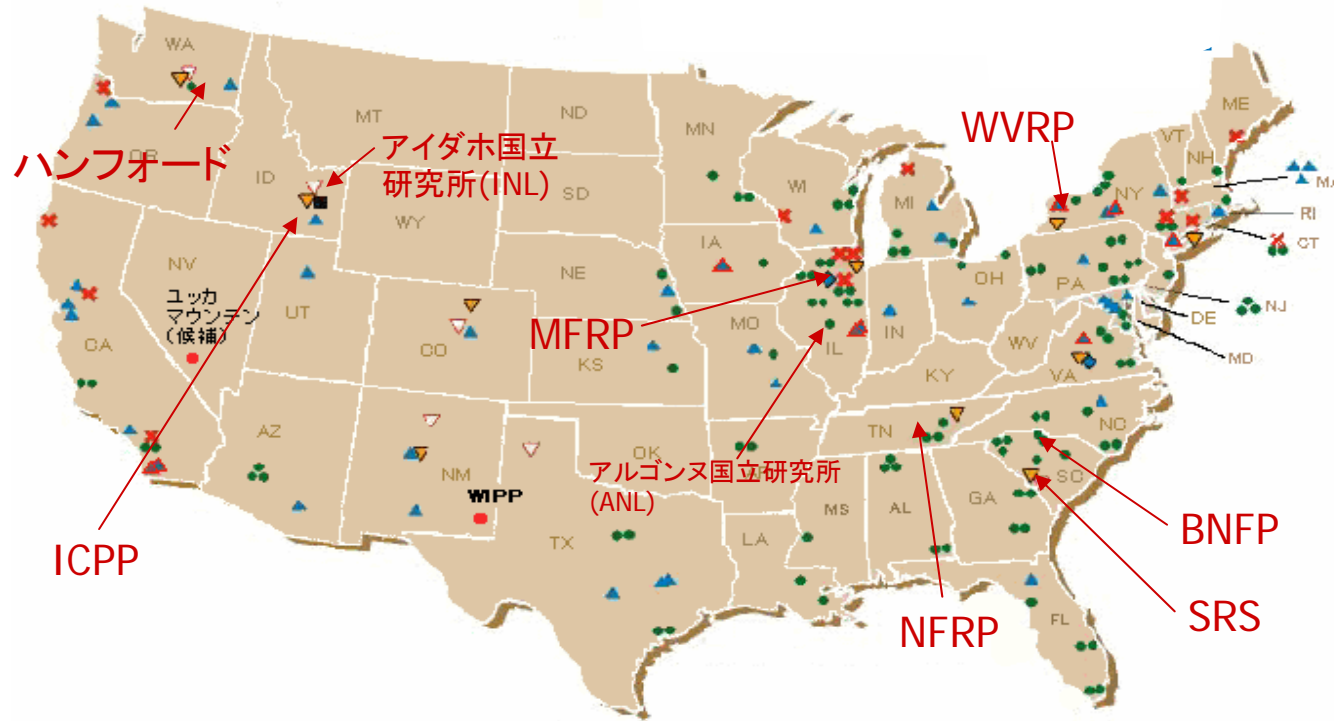
France: Areva has designed an 'integrated recycling plant' that could be built by 2020, Anne Lauvergeon, chairman of the French group announced. She said the 'third-generation' reprocessing plant would use a patented process for simultaneous separation and management of uranium and plutonium, called COEX. It would be combined with an integrated line for fabrication of mixed-oxide (MOX) fuel in a single complex. Lauvergeon said Areva has no specific plans for where or when to build a COEX-MOX plant. However, she added that Areva would be 'explaining' the technology and design in the months to come. Areva's existing 'second-generation' reprocessing and MOX fabrication facilities at La Hague and Melox can operate to 2040-2050, Lauvergeon said. (*Nuclear Fuel*, 13 March, p1)



出典: Anne LAUVERGEON, "2005 results", (Mar. 8, 2006)



2. 米国の状況



民間施設

- ウェストバレー再処理プラント(WVRP)は、1966年に運転開始、1972年に運転終了(累積再処理量:約630t)
- バーンウェル再処理プラント(BNFP)は1975年に建設完了したが、試験運転を実施したのみで稼働せず
- ミッドウエストプラント(MFRP)は1974年の試運転中の問題により操業中止
- エクソンプラント(NFRP)は、1971年にORNサイトへの建設を計画したが、計画中止

軍事施設

- サバンナリバー・サイト(SRS)では軍事プラントを1991年に運転中止(高レベル廃液やターゲット物質の安定化プログラムを実施中)
- ハンフォードサイトでは、リン酸ビスマス法のプラント(T,B,Uプラント)、レドックス法のプラント(Sプラント)、Purex法のプラント(Aプラント)等があったが、1992年にDOEが閉鎖を決定
- アイダホ化学処理プラント(ICPP)は、海軍船舶炉、研究炉、実験炉の燃料処理を行っていたが、1992年に閉鎖



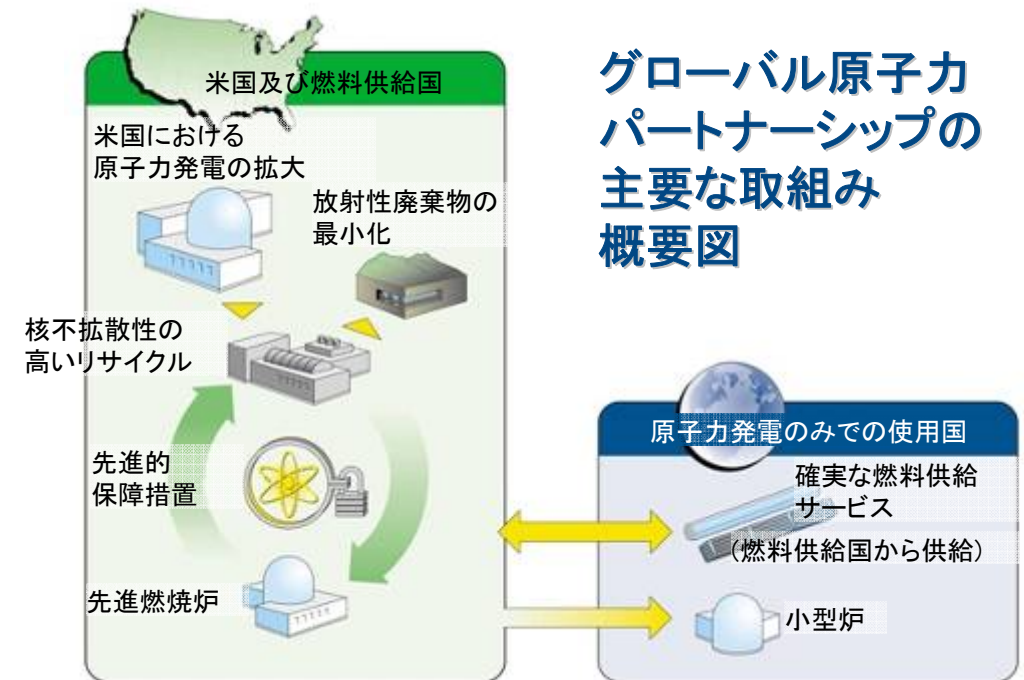
概況(1/2)

- 2001年5月:ブッシュ大統領が「国家エネルギー政策」を発表
 - 温室効果を排出しない原子力エネルギー利用拡大を支持
- 2002年1月:DOEは、解体核兵器からのPu34t全量をMOX燃料に加工して米国内の軽水炉で利用することを決定(サバンナリバーサイトに核弾頭解体転換施設及びMOX燃料加工施設を建設する計画)
 - 当初予定:2004年建設開始、2007年運転開始
 - 現在:建設着工が2006年に遅れる模様
- 2003年1月:DOEが「先進的燃料サイクルイニシアチブ(AFCI)に関する議会への報告書:使用済燃料の先進処理研究と核変換研究」を議会に提出→AFCIプログラム開始
 - 使用済燃料の減容
 - アクチニド等の長寿命、高毒性核種の分離・核変換
 - 使用済燃料中の有効エネルギーの回収
- 2005年11月:「2006年度エネルギー・水資源予算法案」が成立
 - 再処理施設、MOX燃料加工施設、高レベル廃液ガラス固化施設などを一カ所に集中させた「統合型使用済燃料リサイクル施設」の建設(Integrated Spent Fuel Recycling Plan)に向けての準備作業を盛り込む
 - 2006年3月末までに具体的計画を議会に提出
 - 2006年6月末までに建設サイトの競争的選定開始
 - 2007年度中にサイト決定
 - 2010年度中に1つ又は複数の「統合型使用済燃料リサイクル施設」の建設を開始



概況(2/2)

- 2006年2月6日：“国際原子力パートナーシップ”(Global Nuclear Energy Partnership (GNEP))構想を発表
 - 米国内の原子力発電の拡大
 - **核拡散抵抗性の高いリサイクル技術の実証**
 - 放射性廃棄物の最小化
 - 先進燃焼炉(Advanced Burner Reactor (ABR))の開発
 - 信頼性ある燃料供給サービスの確立
 - 小型原子炉の実証
 - 強化した保障措置システム開発



出典: <http://www.gnep.energy.gov/>



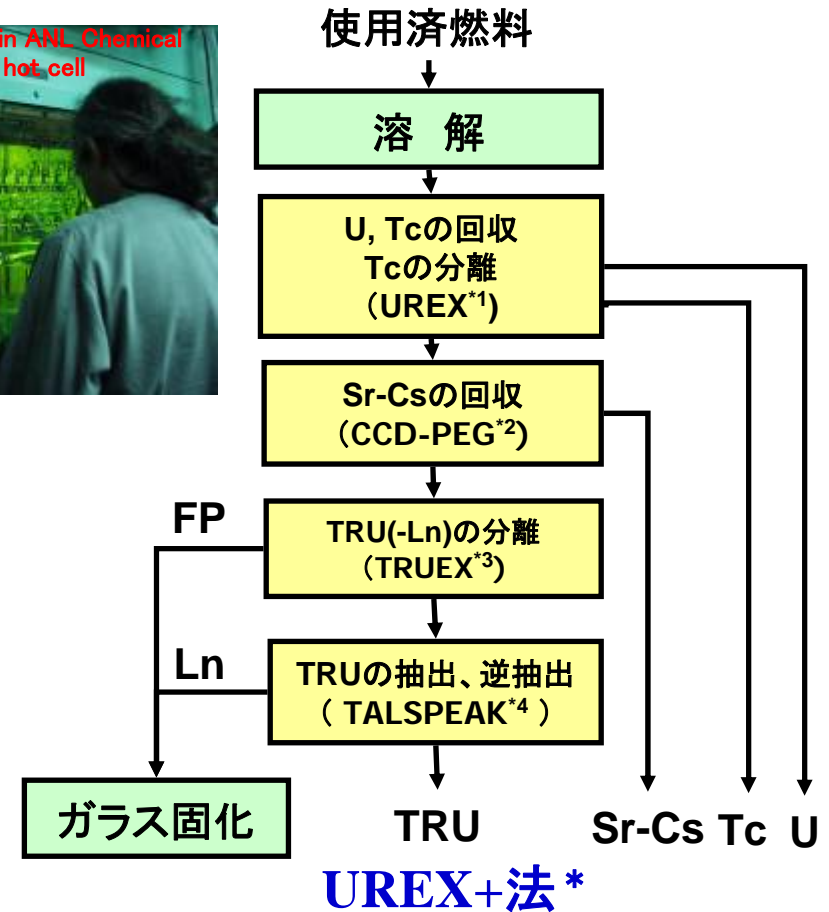
GNEP構想における核拡散抵抗性の高いリサイクル技術の実証計画

- 構 想
 - GNEPパートナー国と共に、核拡散抵抗性の高い技術による燃料リサイクル実証—工学規模実証(ESD)
 - 50年以上の試験ニーズに応えるため、多目的のR&D施設である先進燃料サイクル施設(AFCF)を設置
 - 使用済燃料からのUおよびTRU(Np, Pu, Am, Cm)の回収と新燃料の製造を行うリサイクルプラントは、核拡散リスク低減のため燃料供給国にのみ設置
 - 燃料供給国との技術開発協力を模索
- 技術開発
 - TRUの再利用、廃棄物低減、核拡散抵抗性向上のため、TRU元素を一括して取り扱う分離プロセスを開発(例:UREX+)
 - 工学規模実証(ESD):2011年運転開始を目標
 - UREX+: 実験室規模で高純度ウランの分離と全TRUの回収に成功
 - 商用プラント(2,000t/y以上)の設計と操業に資するコスト&性能データ取得
 - 先進燃焼炉(ABR)の燃料試験のためのTRU供給も
 - 先進燃料サイクル施設(AFCF):2016年運転開始を目標(第一次モジュール)
 - 50年以上の試験ニーズに応える多目的のR&D施設
 - モジュール型の柔軟な建設方法を採用
 - 短期的には、ABRで用いる燃料の製造と品質確認



● UREX+法

- U、Tcの分離
 - PUREX法をベースとしたUREX法
 - Puの錯化剤としてアセトヒドロキサム酸(AHA)を利用
- 更に、異なる抽出剤により段階的に、以下を分離・回収
 - Sr-Cs
 - CCD-PEG法による
 - TRU(Pu-Np-Am-Cm)
 - TRUEX法によりTRU+ランタノイドを回収
 - TALSPEAK法によりTRUを回収



* 文献①の内容等を参考に整理したもの。UREX+1aと称するプロセス開発に重点を置いている模様。

*1: Uranium extraction
 *2: Chlorinated cobalt dicarbollide – Polyethylene glycol
 *3: TransUranium Extraction
 *4: Trivalent Actinide-Lanthanide Separation by Phosphorous reagent Extraction from Aqueous C(K)omplexes

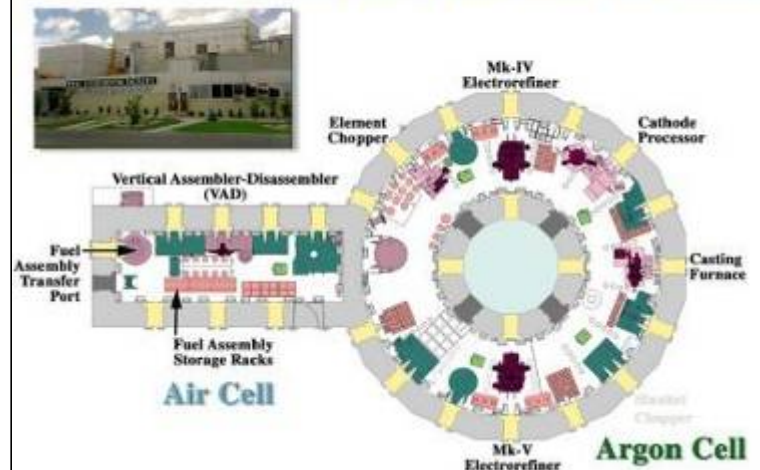
出典：
 ① "Advanced Fuel Cycle Initiative (AFCI) Program Plan", May 1, 2005
 ② "Separation Technology Development", J.J. Laidler, AFCI Semi-Annual Review, September 21, 2005



米国における乾式再処理技術開発 (INL/ANL)

- IFR (Integral Fast Reactor) プログラム: 1984~1994
 - IFR: 金属燃料、タンク型高速炉、乾式再処理を特徴とする燃料サイクル概念
 - 電解精製試験など乾式再処理技術の開発
 - 燃料サイクル実証試験施設 (FCF: 数トン/年程度) を整備するもプログラム中止
 - プログラムの一部に電中研、電力が参画
- SFT (Spent Fuel Treatment) プログラム
 - IFR中止後、燃料サイクル実証試験施設を活用して、停止したEBR-IIの使用済金属燃料を処理
 - 電解精製装置の改良など研究開発を進めつつ、電解精製法 (Pyrometallurgical Process) にて炉心燃料及びブランケット燃料を約3トン処理 (非公式情報)
- AFCI (Advanced Fuel Cycle Initiative) における乾式再処理技術開発
 - **PYROX**: 軽金属の精錬技術として考案された「電解還元」技術を軽水炉燃料に適用、乾式再処理技術と組み合わせ、金属製品を得る技術
 - 処理規模100トン/年を目指した装置開発

Fuel Conditioning Facility for Spent Nuclear Fuel Treatment



FCFにおける電解精製装置

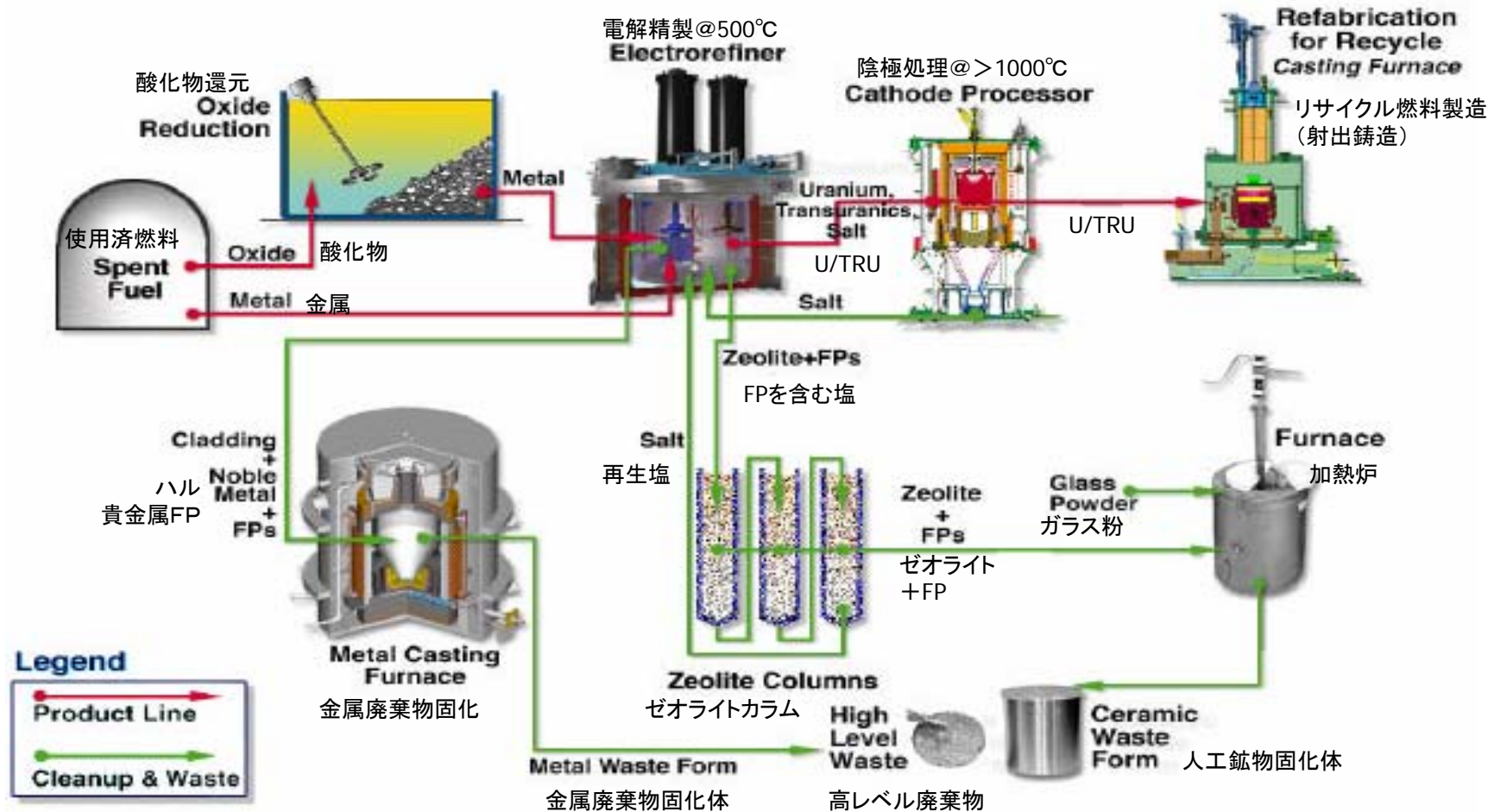
出典:

- ① R.W. Benedict, "Argonne Pyroprocessing Proposal", AAA Technical Quarterly Review (Jul, 2002)
- ② M. Goff, "Pyroprocessing for SNF Treatment and Waste Form Testing", AFCI Technical Review Presentations (Jan. 2003)



米国で開発されている乾式再処理(Pyroprocessing) 技術

- 500°Cの溶融塩(LiCl-KCl)中で使用済燃料を陽極として、陰極でUおよびTRUを回収、これを合金化して金属燃料を製造(下図参照)
- 酸化物燃料を処理する場合には、予め金属に還元(PYROX)





3. ロシアの状況



ロシアの主要な原子力研究機関・施設の所在地

• 湿式再処理

– RT-1 (MAYAK、チェリャビンスク)

- 1976年、軍事用再処理工場として稼働していた施設を民生用に改造して運転開始
- 処理能力: 400t/y
 - WWER-440燃料を対象(高速炉BN-600燃料も一部処理)
 - 2001年の処理量は > 100t/y
 - 2011年までにWWER-1000燃料も処理できるように改造予定

– RT-2 (クラスノヤルスク)

- 1984年に建設着工したが、1992年に建設中断(1,500t/y(WWER-1000燃料を対象))
- 運転開始: 2020年以降

• 乾式再処理

- RIAR(ディミトロフグラード)にて開発中

• MOX燃料製造

- PAKET(MAYAK、0.3t/y)、ERC(RIAR、1t/y)にて高速炉用MOX燃料を製造
- 解体Puを利用したMOX燃料加工工場をウラルかシベリアに建設予定



- 1956年、ディミトロフグラードに原子力研究試験施設として設立
 - 高速実験炉BOR-60等の原子炉と照射後試験、再処理試験等のホット施設を有する
- 1990年までにDDP(Dimitrovgrad Dry Process)を開発、精製したU,PuからBOR-60用の振動充填MOX燃料をホットセルで426体製造
- 1990年台にはDDP(Pu沈殿法)による再処理試験を2回実施
 - ここで、使用済燃料から回収したPuはBOR60で照射
- 2000～2004年には DDPを改良し使用済燃料試験によりMOX析出物を回収
(実用化戦略調査研究の一環として電力共通研究にて実施)



振動充填燃料製造セル



2004年の試験で回収したMOX析出物(2.7kg)

出典:

①RIARホームページ、http://www.niar.ru/eng/bas_fmnd.htm

②V.B.Ivanov他, "EXPERIMENTAL, ECONOMICAL AND ECOLOGICAL SUBSTANTIATION OF FUEL CYCLE BASED ON PYROELECTROCHEMICAL REPROCESSING AND VIBROPAC TECHNOLOGY", GLOBAL1997